

**STUDI PARAMETER REAKTOR BERBAHAN BAKAR  $\text{UO}_2$  DENGAN MODERATOR  
DAN PENDINGIN  $\text{D}_2\text{O}$**

**Skripsi**

**untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1**



**diajukan oleh :**

**IRMA PERMATA SARI**

**J2D005176**

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**2009**

## ABSTRACT

*This research entitled Study Parameters  $\text{UO}_2$ -fueled Reactor with  $\text{D}_2\text{O}$  Cooler and Moderator aims to determine the critical dimension of the reactor and obtain the value of  $K$  to achieve optimal reactor conditions.*

*Reactor critical condition can be obtained when the value of  $k_{\text{eff}}$  and  $k_{\infty}$  equals 1. This value is obtained by varying the radius of the inner fuel, the radius of inner cladding, the radius and the numbers of moderator layers and also the radius of outer cladding. For the calculation and data processing of these dimension, WIMS software was being used to simplify the calculation of  $k_{\text{eff}}$  and  $k_{\infty}$ . This software works using a multigroup diffusion equation with a grouping of 69 neutron energy group.*

*The result obtained from this study can be concluded that the parameters used to achieve the value of  $k$  infinitive 1.03 and  $k$  effective 1.00 are 0.955 cm of inner fuel radius, 1.0 cm of inner cladding radius, 8.9 cm of outer moderator radius, the numbers of moderator layers is 11 and 9.1 cm of outer cladding radius. The values that also became an influence beside those parameters is the diameter of the reactor core related to reactor  $k_{\text{eff}}$  value.*

*Keyword : WIMS, critical conditions,  $k_{\infty}$  and  $k_{\text{eff}}$*

## INTISARI

Penelitian dengan judul Studi Parameter Reaktor Berbahan Bakar  $\text{UO}_2$  dengan Moderator dan Pendingin  $\text{D}_2\text{O}$  ini bertujuan untuk menentukan dimensi kritis dari reaktor serta memperoleh nilai  $k$  untuk mencapai kondisi reaktor yang optimal.

Kondisi kritis reaktor adalah ketika  $k_{\infty}$  dan  $k_{\text{eff}}$  masing-masing bernilai 1. Nilai ini diperoleh dengan memvariasikan jari-jari bahan bakar, jari-jari kelongsong, jari-jari dan jumlah lapisan moderator. Perhitungan dan pengolahan data dimensi tersebut, maka digunakan *software WIMS* yang mempermudah perhitungan nilai  $k_{\infty}$  dan  $k_{\text{eff}}$ . *Software* ini bekerja menggunakan persamaan difusi multigroup dengan pengelompokkan energi neutron menjadi 69 group.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai parameter yang digunakan untuk mendapatkan nilai  $k_{\infty}$  1.03 dan  $k_{\text{eff}}$  1.00 yaitu jari-jari bahan bakar dalam 0.955 cm, jari-jari kelongsong dalam 1.0 cm, jari-jari moderator luar 8.9 cm, jumlah lapisan moderator adalah 11 lapisan dan jari-jari kelongsong terluar 9.1 cm. Nilai yang mempengaruhi selain dimensi tersebut adalah diameter teras reaktor yang berhubungan dengan nilai  $K_{\text{eff}}$  dari reaktor.

Kata kunci : *WIMS, kondisi kritis,  $k_{\infty}$  dan  $k_{\text{eff}}$*

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Kemajuan di bidang teknologi saat ini berkembang sangat pesat. Hal ini terlihat dari banyaknya aplikasi yang telah digunakan oleh masyarakat luas. Teknologi yang sedang dalam proses pengembangan salah satunya adalah teknologi nuklir. Teknologi ini bisa dimanfaatkan dalam berbagai aspek, baik dalam bidang industri, kedokteran, pertanian maupun bidang-bidang lainnya. Teknologi nuklir ini memiliki banyak kelebihan, selain bersih dan tidak mencemari lingkungan, harga listrik yang murah yang didukung dengan harga bahan bakar nuklir yang lebih murah dari harga minyak bumi atau batu bara saat ini serta volume bahan bakar nuklir yang diperlukanpun jauh lebih kecil sehingga harga transportasinya relatif murah. Oleh karena itu teknologi inilah yang digunakan dalam mengatasi masalah kebutuhan energi listrik yang terus menerus meningkat. Kebutuhan energi listrik ini berbanding terbalik dengan kondisi bahan bakar yang digunakan sebagai pembangkit listrik salah satunya adalah batu bara. Untuk itu perlu diadakannya pembaharuan atau peningkatan bahan bakar yang digunakan, maka saat ini teknologi nuklir mengembangkan bahan bakar Uranium yang berfungsi sebagai pembangkit energi listrik. Dan perlu diketahui bahwa bahan bakar Uranium dapat menghemat 2.4 juta kg batu bara dalam menghasilkan energi listrik.

Berdasarkan informasi tersebut, maka pembangunan reaktor nuklir harus dikembangkan semaksimal mungkin. Pengembangan reaktor nuklir untuk menghasilkan listrik ini, dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Prinsip kerja PLTN pada dasarnya sama dengan pembangkit listrik konvensional, yakni uap yang dihasilkan akan mengalir ke turbin dan menggerakkan generator sehingga menghasilkan listrik. Namun dampak yang dihasilkan dari pembangkit listrik konvensional adalah gas-gas yang berpotensi mencemari lingkungan dan bisa menimbulkan hujan asam serta peningkatan suhu global. Dampak ini bertolak belakang dengan yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir.

PLTN yang sedang berkembang saat ini terdiri dari beberapa tipe. Dan PLTN yang cukup banyak beroperasi serta memiliki banyak keistimewaan adalah PLTN tipe CANDU (Canadian Deuterium Uranium). Hal ini terlihat dari banyaknya pembangunan PLTN tipe

tersebut. Pada akhir tahun 2000, di dunia terdapat 33 buah PLTN tipe CANDU yang sedang beroperasi, 9 buah sedang dalam tahap pembangunan dan 8 buah dalam rencana pembangunan. Dari 33 buah PLTN CANDU yang beroperasi, 24 buah berada di Kanada di mana 2 buah (Douglas Point dan Gentilly-1) di antaranya akan didekomisioning (istilah untuk penutupan reaktor nuklir). Selain beroperasi di Kanada, CANDU juga telah diekspor ke luar Kanada (Sumbarjo, 2007).

Adapun keistimewaan dari PLTN tipe CANDU ini adalah reaktor beroperasi dengan reaktivitas-berlebih yang rendah, sistem keselamatannya pun sangat baik karena cepat terdeteksinya jika terjadi kebocoran (Sumbarjo, 2007) dan desainnya terdiri dari tabung-tabung individual sehingga tidak membutuhkan bejana tekan yang besar (Alex, 2008).

Untuk itu perlu dipelajari parameter-parameter apa saja yang berkaitan dengan rancang bangun reaktor nuklir khususnya tipe CANDU yang menggunakan  $D_2O$  sebagai moderator dan pendingin serta bahan bakar berupa  $UO_2$  tanpa pengayaan, guna menghasilkan kondisi paling optimal (kondisi kritis) dari kinerja reaktor nuklir tersebut.

## **1.2 PERUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu ditentukan dimensi atau ukuran dari tiap komponen penyusun reaktor untuk mencapai kondisi optimal (kritis) dari reaktor nuklir tipe CANDU.

## **1.3 BATASAN MASALAH**

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dilakukan sampai reaktor mencapai kondisi kritis, yaitu kondisi ketika reaktor dapat bekerja secara optimal.
2. Tipe reaktor yang digunakan adalah CANDU dengan bahan bakar  $UO_2$  tanpa pengayaan.
3. Penyelesaian untuk mendapatkan nilai kritis hanya dibatasi untuk geometri teras yang berbentuk silinder tak hingga.
4. Penggunaan program Wimsd5b, untuk mendapatkan gambaran tampang lintang reaktor.

## **1.4 TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk :

1. Menentukan dimensi dari reaktor nuklir kritis.
2. Memperoleh nilai  $k_{\infty}$  dan  $k_{eff}$ .

## **1.5 MANFAAT PENELITIAN**

Dari penelitian ini dapat diperoleh manfaat, sebagai berikut :

1. Mengetahui keterkaitan antara besarnya nilai  $K_{inf}$  dan  $K_{eff}$  dengan optimalisasi kinerja reaktor nuklir.
2. Sebagai dasar perancangan reaktor nuklir kritis berbahan bakar  $UO_2$  dengan moderator dan pendingin  $D_2O$ .
3. Menambah wawasan dan pengetahuan dalam penggunaan program Wimsd5b.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M. 1997. *Pengantar Teknologi Nuklir*. PT Rineka Cipta : Jakarta.
- Alex. 2008. *CANDU dan HTR*. <http://www.CANDU-HTR.pdf>. 13 Juli 2009.21.06.
- Aziz, F. dkk. 2005. *Konsep Desain Neutronik Reaktor Air Didih Tanpa Pengisian Bahan Bakar di Lokasi*. Risalah Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknik Nuklir XIV. [www.batan.go.id](http://www.batan.go.id). 1 Mei 2009.
- Darwin, Sitompul. 1989. *Prinsip-prinsip Konversi Energi*. Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara : Medan.
- DOE Fundamentals Handbook. 1993. *Nuclear Physics and Reactor Theory Volume 2*. Department of Energy: Washington D.C.
- Fisika Energi*. [http://www.bab10\\_pusat\\_listrik\\_tenaga\\_nuklir.pdf](http://www.bab10_pusat_listrik_tenaga_nuklir.pdf). 8 Desember 2009. 14.03.
- Glasstone, Samuel. 1952. *The Elements of Reactor Theory*. Van Nostrand Company, Inc : New Jersey.
- Halsall, MJ. 1986. The '1986' WIMS Nuclear Data Library. Reactor Physics Division : United Kingdom.
- Hari, S 2009. *Energi Nuklir, Pengertian dan Pemanfaatannya*. <http://www.netsains.com>. 7 Agustus 2009. 11.00.
- Kamajaya, Ketut dkk. 2004. *Penentuan Konstanta Kelompok Reaktor Triga Mark II Bandung dengan Program Wims*. <http://www.ketutprint.pdf>. 7 Mei 2009. 10.38.
- Lamarsh, J.R. 1965. *Introduction to Nuclear Reactor Theory*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc : United State of America.
- Pramuditya, Syeilendra. 2007. *Pengembangan Kode Komputer Terintegrasi untuk Studi Desain Awal PLTN Jenis PWR*. <http://www.thesis.pdf>. 22 Juli 2009. 17.21.
- Ridwan, M. dkk. 1986. *Pengantar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*. Badan Tenaga Atom Nasional : Jakarta.
- Romas, Aditya. *Reaktor Nuklir dan PLTN*. <http://www.reaktordanpltn.org>. 30 April 2009. 21.27.
- Setiadipura, Topan. 2008. *Pengantar Fisika Nuklir*. <http://www.fisika-reaktor-nuklir.pdf>. 11 Agustus 2009. 15.51.
- Sofyan, Hasnel. 2004. *Pengaman Radiasi Berlapis Pada PLTN*. [http://www.balara2004\\_05204\\_119.pdf](http://www.balara2004_05204_119.pdf). 8 Desember 2009. 11.19.
- Stacey, M. 2000. *Nuclear Reactor Physics*. A Wiley Interscience Publication, Inc : New York.
- Sumbarjo, Sugeng. 2007. *Reaktor Air Berat Kanada*. [http://www.ansn\\_ind\\_reaktor\\_air\\_berat\\_kanada\\_\(CANDU\).pdf](http://www.ansn_ind_reaktor_air_berat_kanada_(CANDU).pdf). 11 Mei 2009. 15.00.
- Wardana, W.A. 1996. *Teknik Analisis Radioaktivitas Lingkungan*. Andi Offset : Yogyakarta.
- Welty, R. 2004. *Dasar-Dasar Fenomena Transport Volume 3 Transfer Massa*. Erlangga : Jakarta.
- Wikipedia. 2008. *Bahan Bakar Nuklir*. <http://www.bahanbakarnuklir.org>. 23 Mei 2008. 19.52.
- Yanti, Meri. 2009. *Studi Desain Reaktor Cepat Berpendingin Helium dengan Bahan Bakar Uranium Alam*. <http://www.TA-Meri-Yanti.pdf>. 13 Juli 2009. 21.06